Münster i/W. 1934. Nr. 214 Med Diss.

Aus dem Pharmakologischen Institut der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster (Westf.)
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

Ueber den Einfluß einiger Hypophysenhormone auf die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Vorgelegt von
Walter Schmahl, Zahnarzt
aus Worms am Rhein

1934

Druckausführung Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Prof. Dr. P. Esch.

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.

Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster i. W.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547224_0020

Ueber den Einfluss einiger Hypophysenhormone auf die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe.

Die Untersuchungen über die Einwirkung von Hormonen auf die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe verdanken wir in erster Linie Ahlgren.[1]) Seine Versuche wurden im hiesigen Institut ergänzt und auf eine Reihe von Fermentsystemen ausgedehnt. Aus dem Bruch[2]) prüfte unter anderen das Adrenalin, Fabry[2]) das Acetylcholin und Ploenes[2]) das Thyroxin und Dijodtyrosin.

In der vorliegenden Arbeit wurden einige Hypophysenhormone, die bislang noch nicht analysenrein hergestellt sind, auf ihre Stoffwechselwirksamkeit mit der bekannten Thunbergschen Methylenblaumethode untersucht. Geprüft wurden das Praephyson, das aus dem Hypophysenvorderlappen, und das Physormon, das aus dem Hypophysenhinterlappen gewonnen wird. Da die Hormone nicht in Reinsubstanz, sondern in Form von Extrakten untersucht werden, sind die Konzentrationen der Stoffe in der Weise angegeben, daß die Verdünnung von einer Ampulle zu 1 cm^3 auf 100 cm^3 Wasser mit $1 \cdot 10^{-2}$ bezeichnet ist. Die absoluten Konzentrationen der Hormone jedoch sind in Wirklichkeit wesentlich niedriger.

Mit den vorliegenden Versuchen sind die Untersuchungen über den Einfluß der Hormone auf die Dehydrierungsvorgänge zu einem vorläufigen Abschluß gekommen; deshalb soll die Wirkungsweise der einzelnen Hormone im Zusammenhang besprochen werden.

Versuchsserie I.

1920 machte Thunberg*) die Beobachtung, daß mäßig mit Wasser extrahierte Froschmuskulatur das Vermögen be-

1) Skandinavisches Archiv für Physiologie 47, 205, 1925 Suppl.
2) Inaugural-Dissertation Münster 1933.
*) Skandinavisches Archiv für Physiologie 40, 1, 1920.

sitzt, unter anaeroben Bedingungen eine Reihe von organischen Säuren zu dehydrieren. Das als Wasserstoffakzeptor hinzugefügte Methylenblau wird dabei unter Bildung der farblosen Leukobase reduziert. Die mit ausgewaschener Muskulatur ausgeführten Untersuchungen sind in der Deutung der Ergebnisse insofern einfach, als eine Beschleunigung der Methylenblauentfärbung ein Beweis für die Dehydrierung der zugesetzten Verbindung ist. Ausgewaschenes Gewebe läßt sich jedoch nicht zur Untersuchung von allen dehydrierbaren Substanzen verwenden, da durch das Auswaschen mit Wasser nicht nur die praeformierten Donatorstoffe des Gewebes entfernt, sondern auch gewisse Stoffwechselfermente dabei beseitigt oder zerstört werden. Je stärker man ein Gewebe extrahiert, umsomehr wird die Zahl der dehydrierbaren Substanzen verringert. Nach stärkstem Auswaschen mit Wasser sind im Muskel nur noch die Dehydrasen der Bernsteinsäure, Glyzerinphosphorsäure und Hexosediphosphorsäure vorhanden.

In den folgenden Versuchen wurde zunächst der Abbau der Bernsteinsäure (Tabelle I) unter der Einwirkung von Physormon und Praephyson geprüft.

Tabelle I

(Bernsteinsäure)

Muskel

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon		Praephyson		
Kontrollversuch	20	20	23	23	21
1.10^{-11}	21	20	23	23	21
1.10^{-10}	22	21	23	23	22
1.10^{-9}	23	22	24	25	22
1.10^{-8}	24	22	24	25	21
1.10^{-7}	26	23	25	24	23
1.10^{-6}	25	24	26	25	24
$1\ 10^{-5}$	27	23	26	25	24
1.10^{-4}	28	24	28	27	26
1.10^{-3}	29	25	28	27	27
1.10^{-2}	29	26	28	29	29
Versuchstier:	Meerschweinchen		Kaninchen		

Wie aus den Versuchen hervorgeht, setzen die beiden Hormone die Dehydrierung der Bernsteinsäure mit ansteigender Konzentration zunehmend herab. Die Hemmung ist bereits in Verdünnungen von $1 \cdot 10^{-9}$ deutlich nachweisbar und in höheren Gaben ganz beträchtlich.

Beim Adrenalin, Acetylcholin und Dijodtyrosin finden wir keine Hemmungswirkungen bei der Dehydrierung der Bernsteinsäure, wohl aber beim Thyroxin, wenn auch nicht in so starkem Umfang wie bei den Hypophysenhormonen. Eine Insulinhemmung des Bernsteinsäureabbaus hat Ahlgren beschrieben; die wirksame Grenzkonzentration liegt bei ihm in einer Verdünnung von $1 \cdot 10^{-9}$ Insulin.

Versuchsserie II.

In Tabelle II sind die Versuche mit Glyzerinphosphat zusammengefaßt. Aus ihnen geht hervor, daß die beiden Hypophysenhormone noch in sehr geringen Konzentrationen einen hemmenden Einfluß auf die Dehydrierung der Glyzerinphosphorsäure ausüben. Hierbei verhält sich das Hinterlappenhormon erheblich toxischer als das Vorderlappenhormon. Mit der Konzentration nimmt die Hemmung zu.

Eine Insulinhemmung der Glyzerinphosphorsäuredehydrierung fand Ahlgren bei Verwendung von Froschmuskulatur. In seinen Versuchen findet sich die wirksame Grenzkonzentration bei einer Verdünnung von 1.10^{-9} Insulin. Der Verlauf der Wirkungskurve des Insulins entspricht der der Hypophysenhormone.

Von den übrigen Hormonen sind Thyroxin, Acetylcholin und Adrenalin ohne jeden Einfluß. Lediglich beim Dijodtyrosin kommt es in den höheren Konzentrationen von $1 \cdot 10^{-7}$ und $1 \cdot 10^{-5}$ zu einer starken Verzögerung der Dehydrierung von Glyzerinphosphat.

Tabelle II

(Glyzerinphosphorsäure)

Muskel

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson		
Kontrollversuch	13	12	19	20	20	20
1.10^{-11}	13	12	20	20	21	20
1.10^{-10}	14	16	20	21	20	21
1.10^{-9}	14	18	20	23	22	21
1.10^{-8}	14	16	20	22	20	20
1.10^{-7}	15	16	20	22	21	22
1.10^{6}	16	18	20	23	23	23
1.10^{-5}	18	19	20	24	23	22
1.10^{-4}	20	16	20	25	24	24
1.10^{-3}	21	15	29	25	25	25
1.10^{-2}	23	20	30	26	25	26
Versuchstier:	Kaninchen			Kaninchen		

Versuchsserie III.

Der Abbau der Hexosediphosphorsäure wird, wie aus Tabelle III hervorgeht, durch die Hypophysenhormone in keiner Weise beeinflußt. Die Hormone stimmen hier in ihrem Verhalten mit dem Acetylcholin, Thyroxin und Dijodtyrosin überein, die ebenfalls den Abbau der Hexosediphosphorsäure nicht beeinträchtigen. Nur das Adrenalin setzt in dem Konzentrationsbereich von $2 \cdot 10^{-12}$ bis $2 \cdot 10^{-7}$ den Abbau der Hexosediphosphorsäure stark herab. Unter allen geprüften Hormonen nimmt es somit eine Sonderstellung ein. Um welche fermentativen Vorgänge es sich im einzelnen handelt, die unter der Adrenalinwirkung verlangsamt verlaufen, läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden. Es ist möglich, daß Adrenalin beim Abbau von Hexosediphosphat auf die der Dehydrierung vorangehenden Vorgänge hemmend einwirkt. Dies könnten die Gewebsphosphatasen sein oder die Gewebshydratasen, die das Zuckermolekül erst in dehydrierbare Verbindungen unter Sprengung des Hexosemoleküls überführen. Eine Insulinprüfung über den Abbau der Hexosediphosphorsäure hat Ahlgren nicht vorgenommen.

Tabelle III

(Hexosediphosphorsäure)

Muskel

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon				Praephyson		
Kontrollversuch	29	29	31	43	22	23	23
1.10^{-11}	30	29	31	43	22	23	23
1.10^{-10}	30	30	30	45	24	24	23
1.10^{-9}	30	31	31	45	24	25	24
1.10^{-8}	30	31	30	44	25	22	24
1.10^{-7}	29	31	31	44	22	22	25
1.10^{-6}	28	30	31	44	25	25	23
1.10^{-5}	29	30	32	43	22	25	22
1.10^{-4}	30	31	31	45	22	22	22
1.10^{-3}	30	30	32	45	23	24	25
1.10^{-2}	29	31	31	43	24	23	24
Versuchstier:	Kaninchen				Kaninchen		

Versuchsserie IV.

Zu den nun folgenden Versuchen wurde nicht mit Wasser extrahiertes Gewebe — Muskel, Herz und Hirn — verwendet. Nach Ahlgren läßt sich so die Dehydrierung vieler Stoffe nachweisen, mit denen im ausgewaschenen Gewebe negative Ergebnisse erzielt werden. Zu diesen Stoffen gehören eine Reihe von Aminosäuren, ferner einige Zucker und eine Anzahl von organischen Säuren. Da in diesen Versuchen gleichzeitig mehrere Wasserstoffdonatoren dehydriert werden, so ist die Deutung einer Beschleunigungswirkung nicht so einfach wie in den Versuchen mit extrahiertem Gewebe.

Untersucht wurde zunächst der Einfluß der Hypophysenhormone auf das Dehydrierungsvermögen von Skelettmuskelgewebe. Die in Tabelle IV zusammengestellten Ergebnise zeigen, daß die Methylenblauentfärbung in keiner Weise beeinflußt wird.

Ein den Hypophysenhormonen gleiches Verhalten zeigen Acetylcholin und Dijodtyrosin, während in dem von uns angewendeten Konzentrationsbereich das Adrenalin, Thyroxin und Insulin das Dehydrierungsvermögen des Gewebes stark herabsetzen. Die wirksame Schwellenkonzentration liegt bei Verwendung von Muskulatur artverschiedener Tiere bei wechselnden Verdünnungen der Hormone. In sehr starken Verdünnungen von Thyroxin bis zu $1 \cdot 10^{-17}$ findet sich in den Ahlgrenschen Versuchen bei Frosch- und Meerschweinchenmuskulatur oft eine deutliche Beschleunigung der Dehydrierungsvorgänge; beim Adrenalin tritt diese Beschleunigung schon in mittleren Konzentrationen auf.

Tabelle IV

(ohne Zusatz)

Muskel

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson			
Kontrollversuch	9	11	11	36	36	37	43
1.10^{-11}	9	11	11	38	37	36	44
1.10^{-10}	9	12	11	38	37	37	44
1.10^{-9}	9	12	11	38	37	38	44
1.10^{-8}	9	11	12	37	36	37	45
1.10^{-7}	9	12	11	37	36	38	45
1.10^{-6}	10	11	11	36	35	37	43
1.10^{-5}	9	12	12	37	35	38	44
1.10^{-4}	10	11	11	36	37	37	44
1.10^{-3}	10	12	12	38	36	37	43
1.10^{-2}	9	12	12	37	36	36	45
Versuchstier:	Meerschweinchen			Frosch			

Versuchsserie V.

Durch die Hypophysenhormone wird die Dehydrierung der Milchsäure, die in der üblichen Weise durch Zusatz von Natriumlaktat geprüft wurde, nicht in Mitleidenschaft gezogen, wie Tabelle V zeigt.

Nur das Acetylcholin deckt sich in seinem Verhalten mit den Hypophysenhormonen; dagegen verschlechtern die übrigen Hormone von einer bestimmten Dosierung an die Dehydrierung der Milchsäure. In höheren Konzentrationen ist eine zum Teil recht beträchtliche Hemmung nachweisbar, die besonders stark beim Thyroxin in Erscheinung tritt. Die Gewebe artverschiedener Tiere weisen erhebliche Unterschiede in ihrer Reaktionsstärke auf die Hormone auf. Geht man in den Verdünnungen immer weiter herunter, so hört bei allen Hormonen jeglicher Einfluß auf die Dehydrierung der Milchsäure auf. Nur das Thyroxin nimmt eine Sonderstellung ein, das nach Versuchen von Ploenes das Dehydrierungsvermögen der Muskulatur für Milchsäure in den stärksten Verdünnungen bis zu über 40% steigern kann. Das Optimum der Förderungswirkung liegt von Tier zu Tier bei verschiedenen Konzentrationen und kann bereits in Verdünnungen von $1 \cdot 10^{-19}$, in anderen Fällen bei $1 \cdot 10^{-15}$ oder $1 \cdot 10^{-13}$ erreicht sein.

Tabelle V

(Laktat)

Muskel

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson		
Kontrollversuch	19	18	21	27	16	28
1.10^{-11}	20	18	21	27	16	30
1.10^{-10}	19	17	21	27	16	30
1.10^{-9}	19	18	21	28	15	30
1.10^{-8}	19	17	20	27	16	29
1.10^{-7}	20	18	20	27	16	29
1.10^{-6}	20	18	19	27	15	30
1.10^{-5}	19	17	20	27	14	27
1.10^{-4}	19	18	20	29	14	27
1.10^{-3}	20	18	20	27	16	28
1.10^{-2}	19	17	19	28	15	29
Versuchstier:	Meerschweinchen			Meerschweinchen		

Versuchsserie VI.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Verhalten des Glykogenabbaus unter der Einwirkung der Hormone. Aus Tabelle VI ergibt sich, daß die Hypophysenhormone auf die Dehydrierung des Glykogens beziehungsweise der aus dem Glykogen durch anaerobe Spaltungsvorgänge entstandenen dehydrierbaren Verbindungen keinen Einfluß ausüben.

Dasselbe Bild zeigen Thyroxin, Dijodtyrosin und Acetylcholin. Adrenalin und Insulin entsprechen sich in ihrem Verhalten annähernd; sie üben eine ungünstige Wirkung auf die Dehydrierungsgeschwindigkeit des Glykogens aus. Dieses Verhalten jedoch tritt nur in höheren Hormonkonzentrationen ein. In stärkeren Verdünnungen von Adrenalin — gewöhnlich bei einer Verdünnung von $2 \cdot 10^{-12}$ bis $2 \cdot 10^{-10}$ — verläuft nach Versuchen von A u s d e m B r u c h der Glykogenabbau des öfteren stark beschleunigt. Ob diese Aktivierung des Glykogenabbaus auch bei geringen Insulinkonzentrationen eintritt, ist aus den Versuchen A h l g r e n s nicht zu ersehen, da er nur mit einer Insulinkonzentration von $1 \cdot 10^{-10}$ arbeitete.

Tabelle VI

(Glykogen)

M u s k e l

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson		
Kontrollversuch	15	16	16	30	30	33
1.10^{-11}	16	16	16	28	29	32
1.10^{-10}	15	16	18	31	31	32
1.10^{-9}	15	16	18	28	31	33
1.10^{-8}	16	17	16	29	31	34
1.10^{-7}	17	17	18	29	32	33
1.10^{-6}	16	16	17	30	32	31
1.10^{-5}	15	17	18	30	30	34
1.10^{-4}	16	18	17	29	30	34
1.10^{-3}	16	18	16	28	30	34
1.10^{-2}	15	17	18	29	32	33
Versuchstier:	K a n i n c h e n			M e e r s c h w e i n c h e n		

Versuchsserie VII.

Aus Tabelle VII sind die Ergebnisse der Glukoseabbauversuche durch Herzmuskelgewebe ersichtlich; sie zeigen, daß die Hypophysenhormone gänzlich unwirksam sind.

In der Reihe der übrigen Hormone haben die Adrenalinversuche dasselbe Ergebnis, während Acetylcholin, Thyroxin und Dijodtyrosin eine mit der Konzentration ansteigende Verschlechterung des Glykoseabbaus bewirken. Auch bei höheren Insulinkonzentrationen findet sich eine Verzögerung der Methylenblauentfärbung. Die Grenze für die Hemmungswirkungen schwankt in den Ahlgrenschen Versuchen sehr stark zwischen $1 \cdot 10^{-10}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$. In stärkeren Verdünnungen aktiviert das Insulin den Glykoseabbau sehr stark; das Maximum liegt bei $1 \cdot 10^{-13}$. Demnach zeigt die Wirkungskurve des Insulins einen diphasischen Verlauf: in sehr starken Verdünnungen Wirkungslosigkeit, dann zunehmende Förderung bis zu einem Maximum, abnehmende Förderung, keine Wirkung, und in hohen Konzentrationen Hemmung.

Tabelle VII
(Glukose)

Herz

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson		
Kontrollversuch	14	14	14	12	10	11
1.10^{-11}	16	14	15	13	11	11
1.10^{-10}	14	15	15	13	10	12
1.10^{-9}	16	14	14	14	10	11
1.10^{-8}	15	15	14	13	10	11
1.10^{-7}	15	16	13	12	10	11
1.10^{-6}	14	16	15	14	11	12
1.10^{-5}	15	14	15	12	11	11
1.10^{-4}	16	15	15	13	10	12
1.10^{-3}	16	14	14	14	11	12
1.10^{-2}	14	16	14	13	10	11
Versuchstier:	Rind			Rind		

Das Wirkungsbild des Insulins ist also eine Bestätigung der Arndt-Schulz'schen Regel, die von ihnen geradezu als biologisches Grundgesetz bezeichnet wurde. Sie sagt, daß kleine Gaben die Lebenstätigkeit anfachen, mittlere sie fördern, starke sie hemmen, stärkste sie aufheben. Individuell verschieden ist, was als schwache, mittlere, starke und stärkste Gabe anzusehen ist. Was in dem einen Organismus eine Förderung hervorruft, kann in einem anderen Organismus zur Hemmung führen.

Versuchsserie VIII.

Da im Gegensatz zur Herzklykolyse die Hirnklykolyse auch in Abwesenheit von Phosphat vonstatten geht, müssen die Glykoseabbauversuche durch Hirngewebe besonders behandelt werden. Die Glykoseabbauwege in den beiden Organen laufen über verschiedenartige Zwischenglieder.

Tabelle VIII ist zu entnehmen, daß die Hypophysenhormone auch auf die Dehydrierung der Glukose durch Hirngewebe vollkommen wirkungslos sind.

Die Insulinwirkung ist bislang nie Gegenstand von Untersuchungen gewesen; ebenfalls ohne Wirkung zeigen sich Adrenalin und die Schilddrüsenhormone. Lediglich das Acetylcholin führt in höheren Konzentrationen, die von Tier zu Tier verschieden sind, im allgemeinen maximal bei einer Konzentration von $1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ zu einer starken Schädigung des Glukoseabbaus durch Hirngewebe. In stärkeren Verdünnungen kehrt sich die Acetylcholinwirkung häufig um, der Glukoseabbau verläuft alsdann beschleunigt.

Vergleicht man die beiden Abbaumechanismen der Glukose in ihrer Giftempfindlichkeit miteinander, so ergibt sich, daß der Glukoseabbau über die Phosphorsäureesther eine höhere Giftempfindlichkeit aufweist als die Abbauwege ohne Phosphatbeteiligung. Diese Unterschiede in der Reaktionsweise treten vor allem beim Thyroxin und Dijodtyrosin in Erscheinung, die die Glukoseverwertung durch Herzgewebe herabsetzen, nicht aber durch Hirngewebe. Das Adrenalin verhält sich in beiden Fällen wirkungslos, dagegen schädigt das Acetylcholin beide Abbauwege.

Tabelle VIII
(Glukose)

Hirn

Entfärbungszeit in Minuten

Konzentrationen	Physormon			Praephyson		
Kontrollversuch	27	25	26	27	28	27
1.10^{-11}	27	27	27	27	28	28
1.10^{-10}	29	25	27	28	29	29
1.10^{-9}	27	25	28	29	29	26
1.10^{-8}	27	25	28	27	29	27
1.10^{-7}	28	26	26	29	28	29
1.10^{-6}	28	26	28	28	28	27
1.10^{-5}	27	26	27	27	29	29
1.10^{-4}	28	27	27	27	28	27
1.10^{-3}	27	26	27	28	29	27
1.10^{-2}	27	26	28	27	29	28
Versuchstier:	Rind			Rind		

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß des Hypophysenvorderlappenhormons „Praephyson“ und des Hypophysenhinterlappenhormons „Physormon“ auf einige Dehydrierungsvorgänge im Gewebe untersucht. Ferner wurden die beiden Hormone in ihrer Stoffwechselwirkung mit anderen Hormonen verglichen. In der Uebersichtstabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt. Alle Hormone setzen in höheren Konzentrationen, falls überhaupt eine Einwirkung erfolgt, die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe herab. Die Hemmung läßt bei mittleren Konzentrationen nach und schlägt für eine Reihe von Hormonen — und das nur für bestimmte Fermentsysteme — in eine Förderung der Dehydrierung um. Besonders stark ist die Anregung des Glykoseabbaus von Herzgewebe durch Insulin. Alle übrigen Hormone sind hier wirkungslos beziehungsweise hemmen. Der Glykogenabbau wird durch mittlere Konzentrationen von Adrenalin, hin und wieder auch von Insulin gesteigert, desgleichen der Laktatabbau durch Adrenalin, nicht aber durch Insulin. Die Dehydrierung der praeformierten Gewebsdonatoren wird nur durch Adrenalin und Thyroxin gefördert. Beim Laktatabbau weicht das Thyroxin in seinem Verhalten stark von den übrigen Hormonen ab. Nur in stärksten Verdünnungen, die fast an Molekülgröße heranreichen, regt es die Dehydrierung der Milchsäure stark an. In vielen Fällen folgt die Hormonwirkung der Arndt-Schulz'schen Regel. Der Einfluß der Hypophysenhormone ist nur gering und lediglich bei der Dehydrierung der Bernsteinsäure und Glyzerinphosphorsäure, die durch sie herabgesetzt wird, nachweisbar. Das würde dafür sprechen, daß die namentlich durch Vorderlappenpraeparate hervorgerufenen Steigerungen des Gesamtstoffwechsels mittelbar durch Anregung der Schilddrüsenfunktion zu Stande kommen.

Uebersichtstabelle

Organ / Zusatz	Konzentration	Adrenalin	Thyroxin	Dijodtyrosin	Insulin	Acetylcholin	Präphyson	Physormon
Muskel ohne Zusatz	schwach	+	+	∅	—	∅	∅	∅
	mittel	+	—	∅	— —	∅	∅	∅
	stark	— —	— —	∅	— — —	∅	∅	∅
Muskel Laktat	schwach	∅	++	∅	∅	∅	∅	∅
	mittel	+	—	∅	—	∅	∅	∅
	stark	∅	— — —	— —	— —	∅	∅	∅
Muskel Glykogen	schwach	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
	mittel	+	∅	∅	+	∅	∅	∅
	stark	—	∅	∅	— —	∅	∅	∅
Herz Glukose	schwach	∅	∅	∅	+	∅	∅	∅
	mittel	∅	—	—	+ + +	—	∅	∅
	stark	∅	— —	— —	— —	— —	∅	∅
Hirn Glukose	schwach	∅	∅	∅		∅	∅	∅
	mittel	∅	∅	∅		+	∅	∅
	stark	∅	∅	∅		— —	∅	∅
Muskel Bernsteinsäure	schwach	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
	mittel	∅	∅	∅	—	∅	—	—
	stark	∅	—	∅	—	∅	— —	— —
Muskel Glyzerinphosphorsäure	schwach	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
	mittel	∅	∅	∅	—	∅	—	—
	stark	∅	∅	— —	— —	∅	— —	— —
Muskel Hexosediphosphorsäure	schwach	∅	∅	∅		∅	∅	∅
	mittel	— —	∅	∅		∅	∅	∅
	stark	—	∅	∅		∅	∅	∅

Zeichenerklärung:

∅ : ohne Einwirkung

\+ bezw. — : leichte Steigerung bezw.: leichte Hemmung

++ „ —— : starke „ „ : starke „

+++ „ ——— : sehr starke „ „ : sehr starke „

Zum Schluß der Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Privatdozent Dr. W. Haarmann für die freundliche Ueberlassung des Themas sowie für manche wertvolle Anregung bei der Anfertigung derselben meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 8. Januar 1909 wurde ich, Walter Schmahl, in Worms am Rhein geboren. Drei Jahre besuchte ich die Vorschule und zehn Jahre das Hessische Gymnasium in Worms am Rhein, wo ich am 24. Februar 1928 das Reifezeugnis erhielt. In Gießen und Wien widmete ich mich sechs Semester lang dem Studium der Naturwissenschaften (Physik, Chemie und Mathematik). Im Sommer-Semester 1931 begann ich in Münster in Westfalen das Studium der Zahnheilkunde. Dort bestand ich am 4. März 1932 die zahnärztliche Vorprüfung und am 30. November 1933 das Staatsexamen.